



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of : **Confirmation No. 2011**  
Pierre DIERICKX et al. : Docket No. 2003\_1733A  
Serial No. 10/724,641 : Group Art Unit 1742  
Filed December 2, 2003 : Examiner Deborah Yee  
A COOLED AND ANNEALED BAINITE  
STEEL PART, AND A METHOD  
OF MANUFACTURING IT : **Mail Stop Amendment**

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
ACCOUNT NO. 23-0975

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of French Patent Application No. 02 15226, filed December 3, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said French Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Pierre DIERICKX et al.

By



\_\_\_\_\_  
Amy E. Pulliam  
Registration No. 55,965  
Agent for Applicants

AEP/nrj  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
September 30, 2005

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

26 NOV. 2003  
Fait à Paris, le \_\_\_\_\_

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, enclosed in an oval frame. The signature reads 'Martine PLANCHE'.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO**



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

1er dépôt

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354\*02

**BR1**

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 010301

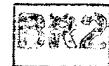
REMISE DES PIÈCES		Réservé à l'INPI
DATE		3 DEC 2002
LIEU		75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT		0215226
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI		03 DEC. 2002
Vos références pour ce dossier (facultatif)		BFF 02/0306
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie		
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b> <input checked="" type="checkbox"/> Demande de brevet		
<input type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité		
<input type="checkbox"/> Demande divisionnaire		
Demande de brevet initiale <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		
<input type="checkbox"/> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) Pièce en acier bainitique, refroidie et revenue, et son procédé de fabrication.		
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »		
<b>5 DEMANDEUR</b> (Cochez l'une des 2 cases)		
<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique		
Nom ou dénomination sociale ASCOMETAL		
Prénoms Forme juridique Société Anonyme		
N° SIREN 331048132		
Code APE-NAF  Immeuble Le Colisée, 10 Avenue de l'Arche, Faubourg de l'Arche,		
Domicile ou siège	Rue	92400 COURBEVOIE
	Code postal et ville	
Nationalité	Pays	FRANCE
N° de téléphone (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »		

Remplir impérativement la 2<sup>me</sup> page

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

page 2/2



REMISE DES PIÈCES	
DATE	Réserve à l'INPI
LIEU	3 DEC 2002
N° D'ENREGISTREMENT	75 INPI PARIS
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	0215226

DB 540 W / 01/901

<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>( facultatif )</i>		BFF 02/0306
<b>④ MANDATAIRE</b> <i>( facultatif )</i>		
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		
CABINET LAVOIX		
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	2 Place d'Estienne d'Orves
	Code postal et ville	75441 PARIS CEDEX 09
Pays	FRANCE	
N ° de téléphone <i>( facultatif )</i>	01 53 20 14 20	
N ° de télécopie <i>( facultatif )</i>	01 48 74 54 56	
Adresse électronique <i>( facultatif )</i>	brevets@cabinet-lavoix.com	
<b>⑤ INVENTEUR (S)</b>		
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques		
<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
<b>⑥ RAPPORT DE RECHERCHE</b>		
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance <i>( en deux versements )</i>		
Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt		
<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
<b>⑦ RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		
Uniquement pour les personnes physiques		
<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="text"/>		
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes		
<b>⑧ SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <i>( Nom et qualité du signataire )</i>		<p>C. JACOBSON n° 92.1119</p>
		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>

L'invention concerne la métallurgie, et plus précisément le domaine des aciers destinés à la fabrication des pièces devant résister à d'importantes sollicitations.

Souvent, de telles pièces sont réalisées en un acier trempé et revenu ou, dans la mesure du possible, en acier forgé à structure ferrito-perlitique qui est censé offrir un meilleur compromis technico-économique, mais dont les performances mécaniques sont tout de même limitées.

Des aciers à structure ferrito-perlitique souvent employés à cet effet sont des types XC70, 45Mn5, 30MnSiV6 et 38MnSiV5, et subissent après laminage ou forgeage un simple refroidissement en ligne à l'air calme. Leur méthode de mise en œuvre est donc relativement économique, mais leur durée de vie en présence de fortes sollicitations est limitée.

On a déjà proposé de réaliser de telles pièces en acier bainitique à partir d'une nuance de type 25MnSiCrVBS, le refroidissement après forgeage ou laminage ayant lieu à l'air. Les performances de tenue sont sensiblement améliorées par rapport aux exemples précédents, mais restent relativement limitées par rapport à ce qu'il est possible d'atteindre sur un acier trempé et revenu.

Le but de l'invention est de proposer une association entre une nuance d'acier et un procédé de fabrication d'une pièce, présentant des avantages économiques par rapport aux associations existantes sans que les performances métallurgiques soient altérées, voire en améliorant ces performances. La pièce ainsi fabriquée devra résister à d'importantes sollicitations en fatigue. Dans le cas des pièces forgées, ce procédé de fabrication devrait, en particulier, être adaptable sur toute ligne de forgeage.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier, caractérisé en ce que :

- on élabore et on coule un acier de composition, en pourcentages pondéraux,  $0,06\% \leq C \leq 0,25\%$  ;  $0,5\% \leq Mn \leq 2\%$  ; traces  $\leq Si \leq 3\%$  ; traces  $\leq Ni \leq 4,5\%$  ; traces  $\leq Al \leq 3\%$  ; traces  $\leq Cr \leq 1,2\%$  ; traces  $\leq Mo \leq 0,30\%$  ; traces  $\leq V \leq 2\%$  ; traces  $\leq Cu \leq 3,5\%$  ; et respectant l'une au moins des conditions :

\*  $0,5\% \leq Cu \leq 3,5\%$

\*  $0,5\% \leq V \leq 2\%$

\*  $2\% \leq Ni \leq 4,5\%$  et  $1\% \leq Al \leq 2\%$

35 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration ;

- on effectue au moins une déformation à chaud de l'acier coulé pour obtenir une ébauche de la pièce à une température de 1100 à 1300°C ;
  - on effectue un refroidissement contrôlé de l'ébauche de la pièce à l'air calme ou à l'air pulsé ;
- 5 - et on effectue un revenu de précipitation, précédant ou suivant l'usinage de la pièce à partir de ladite ébauche.
- De préférence, l'acier contient de 5 à 50 ppm de B.
- De préférence, l'acier contient de 0,005 à 0,04% de Ti.
- Si du B est présent, la teneur en Ti est de préférence égale à au moins 10 3,5 fois la teneur en N de l'acier.
- De préférence, l'acier contient de 0,005 à 0,06% de Nb.
- De préférence, l'acier contient de 0,005 à 0,2% de S.
- Dans ce cas, de préférence, l'acier contient au moins un des éléments Ca jusqu'à 0,007%, Te jusqu'à 0,03%, Se jusqu'à 0,05%, Bi jusqu'à 0,05% et Pb jusqu'à 0,1%.
- 15 Selon une variante de l'invention, la teneur en C de l'acier est comprise entre 0,06 et 0,20%.
- La teneur en Mn de l'acier est alors de préférence comprise entre 0,5 et 1,5%, et la teneur en Cr est de préférence comprise entre 0,3 et 1,2%.
- 20 La teneur en Ni de l'acier peut être alors de préférence comprise entre des traces et 1%.
- La teneur en Ni de l'acier peut alors également être comprise entre 2 et 4,5%, et la teneur en Al est alors comprise entre 1 et 2%.
- 25 Le revenu de précipitation est dans le cas général effectué de préférence entre 425 et 600°C.
- Lorsque l'acier contient 0,5 à 3,5% de Cu, le revenu de précipitation est de préférence effectué entre 425 et 500°C pendant 1 à 10h.
- Lorsque l'acier contient 0,5 à 2% de V, le revenu de précipitation est effectué de préférence entre 500 et 600°C pendant plus d'1 h.
- 30 Lorsque l'acier contient de 2 à 4,5% de Ni et 1 à 2% d'Al, le revenu de précipitation est effectué de préférence entre 500 et 550°C pendant plus d'1h.
- Ladite déformation à chaud peut être un laminage.
- Ladite déformation à chaud peut être un forgeage.

L'invention concerne également une pièce en acier obtenue par le procédé précédent.

Comme on l'aura compris, l'invention consiste en la combinaison d'une nuance d'acier et d'un procédé de traitement suivant la coulée comprenant une 5 étape de mise en forme à chaud de la pièce, un refroidissement contrôlé pouvant être effectué à l'air calme ou à l'air pulsé et un revenu de précipitation précédant ou suivant l'usinage de la pièce. La composition de l'acier choisie garantit que, quel que soit le mode de refroidissement, les résultats de tenue en fatigue des 10 pièces fabriquées à partir de cet acier seront suffisants pour répondre aux exigences des utilisateurs.

L'opération de mise en forme à chaud peut consister en un ou des laminages, ou en un laminage suivi d'un forgeage, ou en un forgeage seul. L'essentiel est que la dernière déformation à chaud amène l'acier entre 1100 et 1300°C, et que le refroidissement contrôlé ait lieu à partir de cette température.

15 Les caractéristiques chimiques de l'acier et ses traitements thermiques postérieurs à la coulée visent à l'obtention d'une microstructure bainitique, et également à l'obtention de caractéristiques mécaniques optimisées. Cette microstructure bainitique doit pouvoir être obtenue à la suite d'un refroidissement à l'air calme, mais doit aussi être compatible avec un refroidissement à l'air pulsé. 20 De cette façon, les pièces concernées par l'invention pourront être produites sur toute installation existante, que celle-ci permette après forgeage ou laminage un refroidissement à air pulsé, ou qu'elle ne permette qu'un refroidissement à l'air calme. Ainsi, une installation de forgeage initialement conçue pour traiter des 25 pièces en acier à microstructure ferrito-perlitique pourra sans difficultés, et sans adaptations particulières, traiter des pièces à microstructure bainitique selon l'invention. Les aciers à microstructure bainitique précédemment employés pour ces usages exigeaient un refroidissement à air pulsé, et ne pouvaient donc pas toujours être traités sur des installations de conception courante.

30 Selon l'invention, on commence donc par élaborer un acier dont la composition sera détaillée et justifiée plus loin, puis on le coule, en lingots ou en continu suivant le format de la pièce finale, et le plus généralement on le lamine de manière à obtenir un demi-produit.

On peut ensuite effectuer une opération de forgeage du demi-produit.

35 La dernière déformation à chaud est effectuée à 1100-1300°C et est suivie par un refroidissement contrôlé à l'air dans la chaude de laminage ou de forge, à l'air calme ou à l'air pulsé. On obtient ainsi une ébauche de la pièce.

Par le terme « ébauche », il doit être compris que l'on désigne ici une barre, ou un demi-produit sous une autre forme, à partir duquel la pièce définitive sera obtenue par usinage, et ceci indépendamment du mode de déformation à chaud pratiqué : laminage, forgeage ou leur combinaison.

- 5        On effectue ensuite un revenu de précipitation. Celui-ci se situe soit avant, soit après l'usinage de la pièce à partir de ladite ébauche.

Les fourchettes analytiques exigées sont les suivantes pour les différents éléments chimiques devant ou pouvant être présents (tous les pourcentages sont pondéraux).

- 10      La teneur en carbone est comprise entre 0,06 et 0,25%. Cette teneur permet de gouverner le type de microstructure obtenu. A moins de 0,06%, la microstructure obtenue ne serait pas intéressante pour les objectifs visés. Au-delà de 0,25%, en combinaison avec les autres éléments, on n'obtiendrait pas une microstructure suffisamment bainitique après refroidissement à l'air calme.

- 15      La teneur en manganèse est comprise entre 0,5 et 2%. Cet élément ajouté à plus de 0,5% procure sa trempabilité au matériau, et permet d'obtenir un domaine bainitique large quel que soit le mode de refroidissement. Une teneur supérieure à 2% serait cependant susceptible de provoquer des ségrégations trop importantes.

- 20      La teneur en silicium est comprise entre des traces et 3%. Cet élément, non obligatoire à proprement parler, est avantageux en ce qu'il durcit la bainite par son passage en solution solide. De plus, au cas où du cuivre serait présent en quantité relativement importante, le silicium permet d'éviter les problèmes associés à cette présence de cuivre lors de la mise en forme à chaud.
- 25      Une teneur supérieure à 3% peut cependant poser des problèmes d'usinabilité du matériau.

- 30      La teneur en nickel est comprise entre des traces et 4,5%. Cet élément non obligatoire favorise la trempabilité et la stabilisation de l'austénite. Si la teneur en aluminium le permet, il peut former des précipités de NiAl très durcissants, procurant au métal des caractéristiques mécaniques élevées. Au cas où du cuivre serait présent en quantité relativement importante, le nickel peut jouer le même rôle que le silicium. Au-delà de 4,5%, l'addition de nickel est inutilement coûteuse au vu des objectifs métallurgiques visés.

- 35      La teneur en aluminium est comprise entre des traces et 3%. Cet élément non obligatoire est un désoxydant fort, et même ajouté à faible teneur, il permet de limiter la quantité d'oxygène dissous dans l'acier liquide, donc d'améliorer la propreté inclusionnaire de la pièce si on a su éviter des

réoxydations trop importantes lors de la coulée. A forte teneur, comme on l'a dit, il est susceptible de former des précipités de NiAl si du nickel est présent en grande quantité. Il n'est pas utile que la teneur en aluminium dépasse 3%.

La teneur en chrome, élément non obligatoire, est comprise entre des traces et 1,2%. Comme le manganèse, le chrome contribue à l'amélioration de la trempabilité. Son addition devient inutilement coûteuse au-delà de 1,2%.

La teneur en molybdène est comprise entre des traces et 0,30%. Cet élément, non obligatoire, empêche la formation de ferrite à gros grains et permet d'obtenir plus assurément la structure bainitique. Son addition est inutilement coûteuse au-delà de 0,30%.

La teneur en vanadium est comprise entre des traces et 2%. Cet élément, non obligatoire, sert à durcir la bainite par son passage en solution solide. A forte teneur, il permet également d'obtenir un durcissement par précipitation de carbures et/ou de carbonitrures. Son addition est inutilement coûteuse au-delà de 2%.

La teneur en cuivre est comprise entre des traces et 3,5%. Cet élément, non obligatoire, peut améliorer l'usinabilité et, en précipitant, provoquer un durcissement secondaire du matériau. Mais au-delà de 3,5% il rend la mise en forme à chaud de la pièce problématique. Comme on l'a dit, il est conseillé de lui associer une teneur en nickel ou en silicium significative pour minimiser les problèmes de mise en forme à chaud. Au-delà de 3,5% son addition est de toute façon inutilement coûteuse.

Par ailleurs, il faut que l'une au moins des trois conditions suivantes soit respectée :

- une teneur en cuivre comprise entre 0,5 et 3,5%
- une teneur en vanadium comprise entre 0,5 et 2%
- une teneur en nickel comprise entre 2 et 4,5% et une teneur en aluminium comprise entre 1 et 2%.

Les éléments que l'on vient de citer sont ceux dont le rôle métallurgique est ou peut être le plus important pour l'invention, mais d'autres éléments que l'on va citer peuvent aussi être optionnellement présents pour améliorer certaines propriétés de l'acier.

La teneur en bore peut être comprise entre 5 et 50ppm. Il peut améliorer la trempabilité, mais doit être en solution solide pour être efficace. Autrement dit, on doit éviter que tout le bore ou presque ne se retrouve sous la forme de nitrides ou carbonitrures de bore. A cet effet, il est conseillé d'associer à l'addition de bore une addition de titane, de préférence dans une proportion

telle que  $3,5 \times N\% \leq Ti\%$ . A cette dernière condition, on peut capter tout l'azote dissous et éviter la formation de nitrures ou de carbonitrides de bore. La teneur minimale en titane, à cet effet, est de 0,005%, pour les teneurs en azote les plus basses usuellement rencontrées. Il est cependant conseillé de ne pas dépasser 5 une teneur en titane de 0,04%, sinon on obtient des nitrures de titane de taille trop élevée.

Le titane a également pour fonction de limiter le grossissement du grain austénitique à haute température, et peut, pour cela, être ajouté indépendamment du bore, à une teneur comprise entre 0,005 et 0,04%.

10 Du niobium peut également être ajouté, à des teneurs comprises entre 0,005 et 0,06%. Lui aussi peut précipiter sous forme de carbonitrides dans l'austénite, et peut ainsi apporter un durcissement du matériau.

15 Enfin, de manière classique, on peut améliorer l'usinabilité du matériau par une addition de soufre (de 0,005% à 0,2%), à laquelle on peut aussi associer une addition de calcium (jusqu'à 0,007%), et/ou de tellure (jusqu'à 0,03%) et/ou de sélénium (jusqu'à 0,05%), et/ou de bismuth (jusqu'à 0,05%) et/ou de plomb (jusqu'à 0,1%).

20 Une fois obtenu après laminage le demi-produit ayant la composition précédemment citée, on procède ou non à un forgeage de l'ébauche de la pièce selon les procédés habituels. On la chauffe jusqu'à 1100-1300°C, puis on exécute les déformations donnant naissance à l'ébauche de pièce.

En l'absence de forgeage, le laminage doit se terminer à une température de 1100-1300°C.

25 Puis immédiatement après le laminage, ou après le forgeage si cette opération a été effectuée, on effectue un refroidissement contrôlé de la pièce, soit à l'air calme, soit à l'air pulsé. De manière générale, on impose à la pièce un refroidissement à une vitesse inférieure ou égale à 3°C/s entre 600 et 300°C.

30 Selon l'invention, et ce avant ou après l'usinage de la pièce qui lui confère ses dimensions définitives, on procède à un durcissement par précipitation au moyen d'un revenu ; pour cela trois options sont possibles, et peuvent d'ailleurs être combinées :

- la précipitation de cuivre, si la teneur en cuivre est comprise entre 0,5 et 3,5% ;

35 - la précipitation de vanadium si sa teneur est comprise entre 0,5 et 2% ;

- la précipitation de NiAl si la teneur en nickel est comprise entre 2 et 4,5% et la teneur en aluminium comprise entre 1 et 2%.

De manière générale, le revenu de précipitation est effectué de préférence entre 425 et 600°C. Mais la température du revenu et sa durée sont optimalement à adapter aux caractéristiques visées. A titre d'exemple, la précipitation du cuivre est obtenue de préférence par un traitement à 425-500°C pendant 1 à 10h. La précipitation de vanadium est de préférence obtenue par un traitement à 500-600°C pendant plus d'1h. La précipitation de NiAl est de préférence obtenue par un traitement à 500-550°C pendant plus d'1h.

5 Ce revenu peut être effectué :

- soit après l'usinage de façon à avoir un métal pas trop dur pendant 10 l'usinage ;
  - soit après le refroidissement contrôlé à l'air et avant l'usinage ; on réalise alors l'usinage sur une pièce à hautes caractéristiques mécaniques, ce qui le rend particulièrement précis.

15 Grâce à ce revenu, on peut obtenir des caractéristiques mécaniques élevées pour le produit obtenu. Typiquement, la résistance à la traction Rm va de 1000 à 1300 MPa et la limite d'élasticité Re est de l'ordre de 900 MPa ou davantage.

20 Optimalement, on limite la teneur en carbone à 0,06-0,2%, de manière à obtenir une bainite de dureté limitée à 300-330 Hv30. Optimalement, la teneur en manganèse doit être comprise entre 0,5 et 1,5%, la teneur en chrome entre 0,3 et 1,2%, et la teneur en nickel peut soit aller jusqu'à 1% si on ne vise qu'une bonne trempabilité, soit aller de 2 à 4% si on recherche une précipitation de NiAl comme on l'a vu. Dans ce dernier cas, la teneur en aluminium est comprise entre 1 et 2%.

25 Pour ces aciers, les caractéristiques de traction (limite d'élasticité, résistance) du produit obtenu après laminage ou forgeage et refroidissement à l'air contrôlé ne sont pas particulièrement élevées : typiquement la résistance à la traction Rm est de l'ordre de 750-1050 MPa et la limite d'élasticité Re de l'ordre de 500 à 750MPa. Mais ces aciers présentent une bonne usinabilité.

30 A titre d'exemples de mise en œuvre de l'invention et d'exemple comparatif, on peut citer les essais suivants,

#### Exemple 1 (invention)

Cet exemple est représentatif de la variante de l'invention pour laquelle on peut utiliser une teneur en carbone relativement basse, et où on 35 réalise le durcissement par précipitation grâce à une addition de cuivre.

La composition de l'acier est la suivante, exprimée en 10<sup>-3</sup>% pondéraux :

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Ti	B	N
80	1500	300	85	10	1500	2500	280	50	25	-	-	6

Après forgeage à chaud à une température de 1250-1200°C et refroidissement à l'air calme (vitesse de refroidissement moyenne de 1°C/s entre 5 700 et 300°C) une microstructure bainitique est obtenue avec une dureté modérée de 265Hv30, procurant une résistance inférieure à 900 MPa. Avec ce niveau de caractéristiques mécaniques, l'usinabilité ne pose pas de problèmes. Ensuite, un revenu à 10 450°C, avec une durée de maintien d'une heure, permet d'augmenter les caractéristiques de résistance pour atteindre plus de 340Hv30 de dureté, procurant une résistance de 1100MPa.

#### Exemple 2 (invention)

Cet exemple est représentatif de la variante de l'invention pour laquelle on peut utiliser une teneur en carbone relativement basse, et où on 15 réalise le durcissement par précipitation grâce à une addition de vanadium.

La composition de l'acier est la suivante, exprimée en 10<sup>-3</sup>% pondéraux :

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Ti	V
150	1230	250	80	20	150	200	205	50	30	-	820

20

Après forgeage à chaud à une température de 1250-1200°C et refroidissement à l'air calme (en moyenne 1°C/s entre 700 et 300°C) d'une pièce de forge de diamètre équivalent à 15mm, une microstructure majoritairement bainitique est obtenue avec déjà une dureté importante de 300-320Hv30, 25 procurant une résistance de 1000MPa environ, qui est actuellement la limite haute permettant encore une usinabilité correcte sur des moyens d'usinage classiques. Après un revenu de 2h à 580°C, le durcissement par le vanadium permet d'atteindre une dureté de l'ordre de 400Hv30, correspondant à une résistance supérieure à 1200MPa.

30

#### Exemple 3 (invention)

Cet exemple est représentatif de la variante de l'invention pour laquelle on peut utiliser une teneur en carbone relativement basse, et où on

réalise le durcissement par précipitation grâce à des additions conjuguées de nickel et d'aluminium.

La composition de l'acier est la suivante, donnée en  $10^{-3}\%$  pondéraux :

5

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Ti	B	N
95	1150	200	80	10	3000	206	220	60	1500	-	3	3

Après forgeage à chaud à une température de 1250-1200°C et refroidissement à l'air calme (vitesse de refroidissement moyenne de 1°C/s entre 10 700 et 300°C) une microstructure bainitique est obtenue avec une dureté modérée de 240Hv30, procurant une résistance inférieure à 800 MPa. Avec ce niveau de caractéristiques mécaniques, l'usinabilité ne pose pas de problèmes. Ensuite, un revenu à 520°C, avec une durée de maintien de 10 heures, permet d'augmenter les caractéristiques de résistance pour atteindre plus de 370Hv30 15 de dureté, procurant une résistance de l'ordre de 1200MPa.

#### Exemple 4 (référence)

La composition de l'acier est la suivante, donnée en  $10^{-3}\%$  pondéraux :

20

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cu	Cr	Mo	Al	Ti	V	B
230	1500	700	80	11	150	150	800	70	20	25	190	3

Après forgeage à chaud à 1250 - 1200°C et refroidissement à l'air calme d'une pièce de diamètre équivalent à 25 mm, une microstructure majoritairement bainitique est obtenue avec une dureté voisine de 320 Hv30, 25 procurant une résistance de 1050Mpa environ. Un revenu d'une heure entre 300 et 450°C ne permet pas d'augmenter significativement la résistance.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de fabrication d'une pièce en acier, caractérisé en ce que :
  - on élabore et on coule un acier de composition, en pourcentages pondéraux,  $0,06\% \leq C \leq 0,25\%$  ;  $0,5\% \leq Mn \leq 2\%$  ; traces  $\leq Si \leq 3\%$  ; traces  $\leq Ni \leq 4,5\%$  ; traces  $\leq Al \leq 3\%$  ; traces  $\leq Cr \leq 1,2\%$  ; traces  $\leq Mo \leq 0,30\%$  ; traces  $\leq V \leq 2\%$  ; traces  $\leq Cu \leq 3,5\%$  ; et respectant l'une au moins des conditions :
    - \*  $0,5\% \leq Cu \leq 3,5\%$
    - \*  $0,5\% \leq V \leq 2\%$
    - \*  $2\% \leq Ni \leq 4,5\%$  et  $1\% \leq Al \leq 2\%$
- 5 10 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration ;
  - on effectue au moins une déformation à chaud de l'acier coulé pour obtenir une ébauche de la pièce à une température de  $1100$  à  $1300^{\circ}C$  ;
  - on effectue un refroidissement contrôlé de l'ébauche de la pièce à l'air calme ou à l'air pulsé ;
- 15 15 Et on effectue un revenu de précipitation, précédant ou suivant l'usinage de la pièce à partir de ladite ébauche.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'acier contient de  $5$  à  $50$  ppm de B.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'acier contient de  $0,005$  à  $0,04\%$  de Ti.
- 20 25 4. Procédé selon les revendications 2 et 3 prises ensemble, caractérisé en ce que la teneur en Ti est égale à au moins  $3,5$  fois la teneur en N de l'acier.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'acier contient de  $0,005$  à  $0,06\%$  de Nb.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'acier contient de  $0,005$  à  $0,2\%$  de S.
- 30 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'acier contient au moins un des éléments Ca jusqu'à  $0,007\%$ , Te jusqu'à  $0,03\%$ , Se jusqu'à  $0,05\%$ , Bi jusqu'à  $0,05\%$  et Pb jusqu'à  $0,1\%$ .
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la teneur en C de l'acier est comprise entre  $0,06$  et  $0,20\%$ .

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la teneur en Mn de l'acier est comprise entre 0,3 et 1,2%, et en ce que la teneur en Cr est comprise entre 0,3 et 1,2%.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la 5 teneur en Ni de l'acier est comprise entre des traces et 1%.

11. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la teneur en Ni de l'acier est comprise entre 2 et 4,5%, et en ce que la teneur en Al est comprise entre 1 et 2%.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce 10 que le revenu de précipitation est effectué entre 425 et 600°C.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'acier contient 0,5 à 3,5% de Cu et en ce que le revenu de précipitation est effectué entre 425 et 500°C pendant 1 à 10h.

14. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'acier 15 contient 0,5 à 2% de V et en ce que le revenu de précipitation est effectué entre 500 et 600°C pendant plus d'1 h.

15. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'acier contient de 2 à 4,5% de Ni et 1 à 2% d'Al et en ce que le revenu de précipitation est effectué entre 500 et 550°C pendant plus d'1 h.

20 16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que ladite déformation à chaud est un laminage.

17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que ladite déformation à chaud est un forgeage.

25 18. Pièce en acier, caractérisée en ce qu'elle a été obtenue par le procédé selon l'une des revendications 1 à 17.



reçue le 09/01/03

## BREVET D'INVENTION

  
N° 11235\*03

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Peterbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1/11



(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

US CITA 2000

Vos références pour ce dossier (facultatif)

BFF 02/0306

DA(226)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

## INTITULE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Pièce en acier bainitique, refroidie et revenue, et son procédé de fabrication.

BEST AVAILABLE COPY

## LE(S) DEMANDEUR(S) :

ASCOMETAL

## DESIGNE(WI) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

<input checked="" type="checkbox"/> Nom	DIERICKX	
Prénoms		Pierre
Adresse	Rue	82, rue de Meilbourg Garche
Code postal et ville		57100 THIONVILLE FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<input checked="" type="checkbox"/> Nom	ANDRE	
Prénoms		Gaëlle
Adresse	Rue	197 rue de Pont à Mousson
Code postal et ville		57950 MONTIGNY LES METZ FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
<input checked="" type="checkbox"/> Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)		

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

## DATE ET SIGNATURE(S)

Paris, le 3 décembre 2002

## DU (DES) DEMANDEUR(S)

## OU DU MANDATAIRE

## (Nom et qualité du signataire)

C. JACOBSON  
n° 92.1119